

MEMAKSIMALKAN DAYA PHOTOVOLTAIC SEBAGAI CHARGER CONTROLLER

Felix Yustian Setiono

Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik Elektro dan Informasi
Universitas Katolik Soegijapranata Semarang 50234, Indonesia
E-mail : felix_yustian@yahoo.com

Leonardus Heru Pratomo

Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik Elektro dan Informasi
Universitas Katolik Soegijapranata Semarang 50234, Indonesia
E-mail : leonardus@unika.ac.id

Abstrak – Sistem *charger controller* adalah penggabungan antara *MPPT*, dimana digunakan konsep kendali *ripple correlation control (RCC)* dengan *battery charger*, yang akan menghasilkan tegangan dc konstan teregulasi yang berfungsi untuk proses pengisian baterai (*battery charging*). *MPPT* dikombinasikan dengan *dc-dc converter* tipe *buck* yang berfungsi sebagai pengisi baterai. *DC-DC converter* yang digunakan mempunyai sistem kendali *proportional integrator (PI)*. Pengujian sistem hasil efektivitas dengan nilai rata-rata mencapai 91%.

Kata kunci – *photovoltaic (PV)*, *maximum power point tracker (MPPT)*, *ripple correlation control (RCC)*, *charger controller*

I. PENGANTAR

Penggunaan *photovoltaic* atau *solar cells* dewasa ini semakin banyak digunakan, baik untuk bidang komersial maupun residensial. Untuk mendapatkan tingkat keluaran daya maksimal dari suatu *photovoltaic* maka diperlukan adanya suatu sistem yang berfungsi agar *photovoltaic* dapat mencapai titik kerja optimalnya, yang disebut *maximum power point*. Sistem ini dinamakan *maximum power point tracker (MPPT)*.

Saat ini terdapat beragam metode dalam pemanfaatan *MPPT* selama tiga dekade ini. Sedangkan dalam makalah ini akan

dibahas mengenai penggunaan konsep *ripple correlation control (RCC)* dalam pemanfaatan *MPPT*. Konsep *RCC* pada awalnya digunakan sebagai sistem optimasi dinamis untuk pengendalian motor elektrik. Konsep ini menggunakan riak yang muncul dalam setiap penggunaan *converter* yang menggunakan pensaklaran untuk menghasilkan suatu informasi tentang titik operasi. Konvergensi kerja sangat cepat, meningkat dalam suatu satuan waktu dalam beberapa periode pensaklaran. Tingkat efektivitas dari konsep *RCC* ini mencapai 99% [Trisham, 1283].

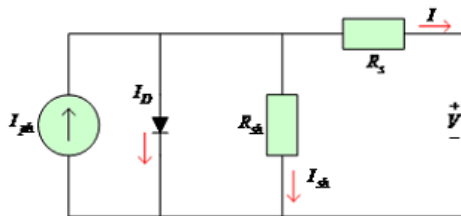
MPPT yang digunakan dilengkapi dengan *DC-DC converter* yang digunakan sebagai penstabil tegangan. *DC-DC converter* yang digunakan mempunyai tipe *buck* atau *step-down*, dimana keluaran dari *converter* ini akan mempunyai nilai yang lebih rendah daripada masukannya

Dalam penggunaan umum, *MPPT* biasanya digunakan sebagai pengatur pengisian untuk *battery charger*, dimana biasanya *MPPT* akan dikombinasikan dengan *battery charger* sebagai sistem *charger controller*. Keluaran dari penggabungan kedua sistem ini akan menghasilkan tegangan dc teregulasi yang digunakan untuk proses pengisian baterai.

Penggunaan *battery charger* yang digunakan menggunakan konsep *dc-dc converter* tipe *buck*, yang akan menghentikan aliran arus pengisian jika tegangan nominal baterai telah penuh. Sistem *battery charger* ini menggunakan konsep kendali *proportional integrator (PI)*.

II. TINJAUAN PUSTAKA

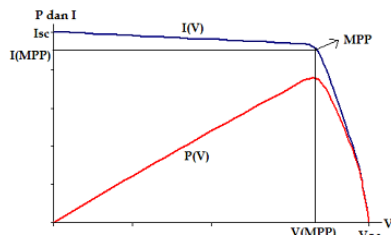
Suatu *photovoltaic (PV)* bekerja dengan prinsip yaitu dengan mengubah sinar matahari menjadi suatu bentuk energi listrik dimana menggunakan prinsip semikonduktansi (*pn junction*).



Gb. 1 Pemodelan sel surya secara rangkaian listrik

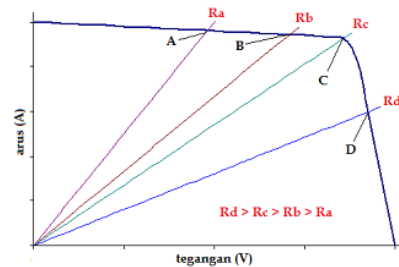
Jika intensitas sinar matahari meningkat, maka nilai arus yang keluar akan semakin meningkat pula.

Photovoltaic (PV) menggunakan suatu skema titik daya maksimum atau *maximum power point* sebagai titik operasi kerjanya. Titik optimum ini akan berubah bergantung pada intensitas cahaya matahari yang diterima oleh PV, kondisi cuaca dan iklim, dan pengaruh pembebanan [Pallab, 1711].



Gb. 2 Kurva *maximum power point photovoltaic*

Jika kita menggunakan PV langsung kepada beban (*load*), maka tegangan PV akan langsung mengalami *drop voltage*, akan tetapi arus PV akan tetap bergantung pada intensitas cahaya matahari yang diterimanya, sehingga PV tidak akan pernah mencapai titik kerja maksimumnya. Penggunaan *MPPT* dimaksudkan agar PV dapat mencapai titik kerja maksimumnya, dengan kondisi pembebanan apapun.



Gb. 3 Titik operasi pada kurva *I-V* untuk pembebanan sel PV secara langsung

Sistem *charger controller* merupakan penggabungan kedua sistem yang terdiri dari *MPPT* dan *battery charger*.

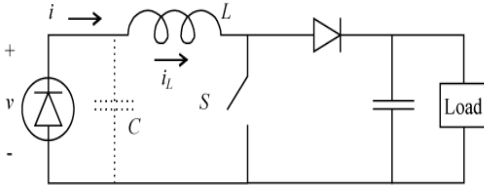
Sistem *MPPT* yang digunakan dalam makalah ini menggunakan kendali korelasi riak atau *ripple correlation control (RCC)*, Sistem *RCC* ini menggunakan sistem *dc-dc converter* tipe *boost*, dimana dapat dijelaskan sebagai berikut.

Dinyatakan arus induktor i_L dan daya *photovoltaic* P , dimana kondisi di atas i_L^* atau di bawah i_L^* . Untuk kondisi ini, kita anggap $i = i_L$ yang berarti bahwa $C = 0$. Saat i_L berada di bawah i_L^* , riak arus muncul di sepanjang kurva yang mengarah pada riak daya dalam fasa; hal ini menyatakan produk dari derivatif waktu dari i_L (di_L/dt) dan derivatif waktu dari P (dp/dt) adalah positif. Saat i_L di bawah i_L^* , riak arus dan riak daya berada di luar fasa, dan produk dari di_L/dt dan

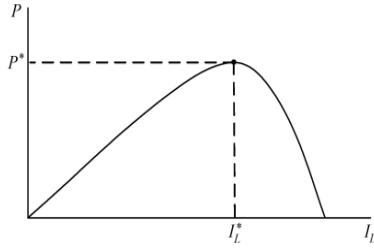
dp/dt adalah negatif [Trisham, 1283]. Observasi ini dapat dinyatakan menjadi :

$$\begin{aligned} \frac{di_L}{dt} \frac{dp}{dt} > 0 &\Rightarrow I_L < I_L^* \\ \frac{di_L}{dt} \frac{dp}{dt} < 0 &\Rightarrow I_L > I_L^* \end{aligned} \quad (1)$$

Persamaan di atas merupakan salah satu bentuk dari hukum *ripple correlation control* (RCC).



Gb. 4 Skema rangkaian daya dari *photovoltaic* dan DC-DC converter tipe *boost*



Gb. 5 Skema kerja *photovoltaic* dimana daya rata-rata dengan arus induktor rata-rata

Jika i_L meningkat saat persamaan (1) bernilai lebih dari nol, dan menurun, lalu i_L harus mendekati i_L^* . Salah satu cara untuk melakukannya dengan melakukan integral dari persamaan (1), seperti :

$$d = k \int \frac{dp}{dt} \frac{di_L}{dt} dt \quad (2)$$

dimana d adalah *duty cycle* dari saklar daya S dan k bernilai konstan, bernilai positif. Arus induktor meningkat dan menurun mengikuti *duty cycle* d , sehingga d harus menyediakan pergerakan yang tepat dari i_L .

Persamaan (2) menggunakan derivatif dari sinyal yang akan diukur secara langsung..

Titik pusat optimal muncul dimana $dp/di_L = 0$; sehingga hukum pengendalian menjadi :

$$d = k \int \frac{dp}{di_L} dt \quad (3)$$

Kemungkinan persamaan untuk beroperasi sejak integrasi mencapai nol adalah saat i_L mencapai i_L^* . Integrasi dari persamaan (3) bukan merupakan sinyal sebenarnya di rangkaian nyata. Hal ini sulit diwujudkan untuk mendapatkan rasio sinyal terhadap *noise* untuk persamaan (3) walaupun konvergensi yang timbul akan sangat lambat.

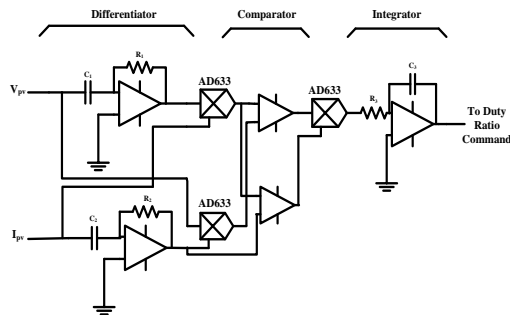
Penskalaan integrasi dari persamaan (3) pada sisi positif akan mengubah kecepatan dan pemetaan pada konvergensi, akan tetapi persamaan (3) masih mampu mencapai konvergensi. Kita nyatakan hal ini sebagai hukum kontrol alternatif, dimana melalui proses penskalaan integrasi dari $(di_L/dt)^2$, dimana bernilai positif selama i_L berubah.

$$d = k \int \frac{dp}{di_L} \left(\frac{di_L}{dt} \right)^2 dt = k \int \frac{dp}{dt} \frac{di_L}{dt} dt \quad (4)$$

Persamaan (4) ini serupa dengan persamaan (2) tetapi dilihat dari sisi yang lain. Hukum integral dari persamaan (4) ini akan mengendalikan $dp/di = 0$. Persamaan (1) sampai (4) juga dapat dinyatakan jika parameter tegangan digantikan dengan arus; walaupun nilai negatif dari k juga masih digunakan, dimana arus dan tegangan akan saling berlawanan nilainya di dalam suatu operasi kerja *photovoltaic*.

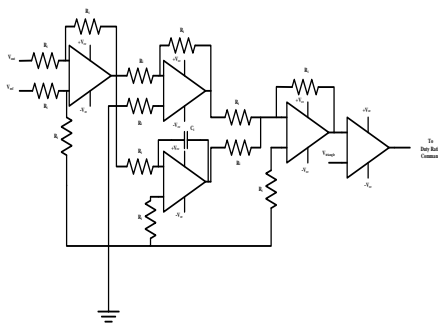
Kondisi di atas akan muncul jika sistem kendali konvergen asimtot dengan kondisi optimal jika P adalah unimodal dan derivatif arus bernilai hanya nol untuk satuan waktu terbatas. Kondisi ini akan

muncul dari PV dan akan berlanjut jika kondisi pensaklaran normal muncul dan *converter* dalam kondisi konduksi yang kontinu [Trisham, 1284].



Gb. 6 Skema konsep RCC

Sedangkan untuk kendali *battery charger* menggunakan kendali *proportional integrator (PI)*, dimana kendali *PI* merupakan penggabungan antara kendali *proportional (P)* dan *integrator (I)* yang dirangkai secara paralel. Konsep kendali ini adalah menguatkan sinyal penggabungan antara sinyal referensi yang telah ditentukan dengan sinyal riil keluaran sistem, lalu sinyal ini akan mengalami penguatan (*integrating*) dan digabungkan dengan kendali *proportional*, sehingga memperoleh sinyal kendali yang dikuatkan. Sinyal ini digabung dengan sinyal segitiga yang telah ditentukan, sehingga memperoleh sinyal kendali untuk mengontrol saklar daya.



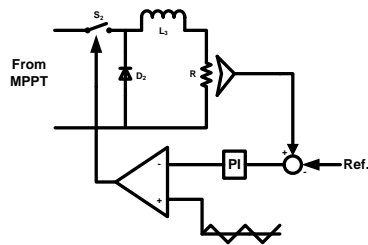
Gb. 7 Skema kendali *proportional integrator (PI)*

III. IMPLEMENTASI

Implementasi sistem *charger controller* yang digunakan merupakan penggabungan antara *MPPT* berbasis *dc-dc converter* tipe *boost* dan *battery charger* berbasis *dc-dc converter* tipe *buck*.

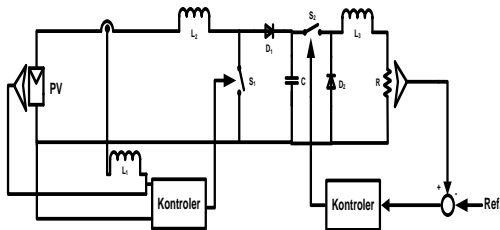
MPPT yang digunakan mempunyai cara kerja sebagai berikut masukan arus dan tegangan dari *PV* dideteksi dengan menggunakan *sensor*, lalu hasil pendeteksian kedua *sensor* dikalikan dengan bantuan beberapa pengali atau *multiplier*. Keluaran dari *multiplier* ini dimasukkan dalam komponen *integrator* yang berfungsi sebagai penguat sinyal, lalu dimasukkan kembali menuju *comparator* yang berfungsi sebagai pembandingan antara sinyal dari *integrator* dan sinyal segitiga yang telah diatur parameternya. Sinyal keluaran dari *comparator* ini dimasukkan menuju saklar daya.

Sistem *battery charger* yang digunakan mempunyai cara kerja sebagai berikut. Intensitas tegangan pengisian baterai dikendalikan melalui sebuah *controller* yang berfungsi untuk menghentikan aliran arus pengisian jika baterai telah terisi penuh. Kontroler yang digunakan adalah *controller PI* dimana *controller* ini mendapat masukan berupa sinyal gabungan dari tegangan baterai dan tegangan referensi. Keluaran *controller PI* akan dibandingkan dengan suatu sinyal segitiga dalam *comparator* dan akan menghasilkan sinyal kendali untuk menghidupkan saklar daya.



Gb. 8 Diagram blok kendali *battery charger*

Sehingga keseluruhan sistem menjadi sebagai berikut



Gb. 9 Diagram blok sistem keseluruhan

Hasil dari perancangan sistem secara keseluruhan ini adalah tegangan dc teregulasi yang digunakan dalam proses pengisian baterai. *MPPT* yang digunakan akan “memaksa” sistem agar selalu berada pada posisi titik kerja maksimumnya, sedangkan *battery charger* akan menghasilkan tegangan dc konstan teregulasi secara terus-menerus.

IV. PENGUJIAN DAN ANALISA

Perancangan sistem menggunakan dua buah *photovoltaic* merek BP Solar dengan parameter masing-masing adalah daya maksimal (P_{max}) 55 watt, tegangan puncak (V_{mp}) 16,5 volt, arus puncak (I_{mp}) 3,33 ampere, tegangan *open-circuit* (V_{oc}) 20,6 volt, dan arus *short-circuit* (I_{sc}) 3,69 ampere. Parameter yang diukur berupa hubungan antara tegangan dan arus masukan dari *photovoltaic* (PV) yang dikalikan menjadi daya masukan PV, dan tegangan dan arus keluaran sistem (keluaran *battery charger*) yang dikalikan

sehingga menjadi daya keluaran sistem. Daya masukan dan daya keluaran akan dibandingkan untuk menjadi suatu tingkat efektivitas sistem yang bernilai dalam satuan persen.

Adapun hasil pengukuran implementasi sistem ini dinyatakan dalam tabel di bawah ini. Tegangan dinyatakan dalam satuan volt, arus dalam ampere, dan daya dalam watt. Pengukuran pertama dilakukan pada kondisi cuaca berawan.

Beban	V_{pv}	I_{pv}	P_{pv}	V_{out}	I_{out}	P_{out}	%
15 Ω	31,7	2,6	81,8	7,6	9,8	74,5	91,1
20 Ω	31,7	2,6	81,8	7,4	9,7	71,8	87,8
35 Ω	31,7	2,6	81,8	7,8	9,7	75,7	92,5
39 Ω	31,7	2,6	81,8	7,8	9,7	75,7	92,5
60 Ω	31,7	2,6	81,8	7,9	9,7	76,6	93,7

Tbl. 1 Tingkat efektivitas sistem saat cuaca berawan

Pengukuran kedua dilakukan pada kondisi cuaca panas terik.

Beban	V_{pv}	I_{pv}	P_{pv}	V_{out}	I_{out}	P_{out}	%
15 Ω	36	3	108	10	9,8	98	91
20 Ω	36	3	108	10	9,8	98	91
35 Ω	36	3	108	10	9,8	98	91
39 Ω	36	3	108	10	9,8	98	91
60 Ω	36	3	108	9,75	9,8	95,6	88,5

Tbl. 2 Tingkat efektivitas sistem saat cuaca panas terik

Analisa yang dapat diambil dari tabel di atas adalah bahwa sistem akan berusaha agar mencapai titik maksimum dari *photovoltaic* yang digunakan dengan cara “memaksa” arus keluaran agar kondisi keluaran mendekati kondisi masukan sistem. Mengenai daya *photovoltaic* yang turun dikarenakan waktu pengukuran yang dilakukan pada sore hari, sehingga titik

maksimum *photovoltaic* berubah mengikuti intensitas sinar matahari.

Proceedings of CITEE 2009.
Yogyakarta : Teknik Elektro UGM,
2009.

V. KESIMPULAN

MPPT yang digunakan mempunyai efektivitas 91,01%, dengan penggabungan dimana *MPPT* ini akan dikombinasikan dengan sistem *dc-dc converter* yang digunakan sebagai pensuplai baterai. Tingkat efektivitas ini bergantung pada intensitas cahaya matahari yang diterima oleh *photovoltaic*, kondisi cuaca dan iklim, dan pengaruh pembebanan sistem.

REFERENSI

- [1] Trishan Eram, Jonathan W. Kimball, Philip T. Krein, Patrick L. Chapman, dan Pallab Midya, "Dynamic Maximum Power Point Tracking of Photovoltaic Arrays Using Ripple Correlation Control," *IEEE Trans. on Power Elec.* Vol. 21 No. 5, Sept. 2006, hal.1282-1291.
- [2] Pallab Midya, Philip T. Krein, Robert J. Turnbull, Robert Keppa, dan Jonathan W. Kimball, "Dynamic Maximum Power Point Tracker for Photovoltaic Applications," *IEEE Power Elec. Conf.*, 1996, hal. 1710-1716.
- [3] Jonathan W. Kimball dan Philip T. Krein, "Digital Ripple Correlation Control for Photovoltaic Applications," *IEEE Power Elec. Conf.*, 2007, hal. 1690-1694.
- [4] Roger A. Messenger dan Jerry Ventre. *Photovoltaic Systems Engineering : Second Edition*. New York: CRC Press, 2004.
- [5] Muhammad H. Rashid. *Power Electronics : Circuits, Devices, and Applications : 2nd Edition*. New Jersey: Prentice Hall. 1993
- [6] Slamet Riyadi. "Koneksi Photovoltaic ke Sistem melalui VSI berbasis Kendali Arus untuk Pembagian Beban".